

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

520062

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年6月17日 (17.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/050288 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B23K 9/04  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015045  
(22) 国際出願日: 2003年11月25日 (25.11.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-350262 2002年12月2日 (02.12.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒108-8215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 福永 義昭 (FUKUNAGA, Yoshiaki) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂研

究所内 Hyogo (JP). 重 隆 司 (SHIGE, Takashi) [JP/JP]; 〒676-0008 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目8番19号 高菱エンジニアリング株式会社内 Hyogo (JP). 山下 昌彦 (YAMASHITA, Masahiko) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo (JP). 神吉 秀典 (KANKI, Hidenori) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 佐野 静夫 (SANO, Shizuo); 〒540-0032 大阪府大阪市中央区天満橋京町2-6 天満橋八千代ビル別館 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, DE, ID, US.

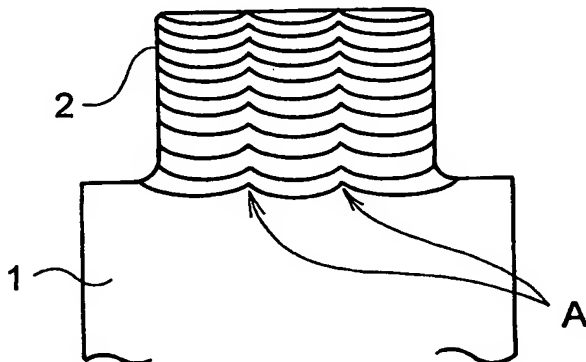
添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: TURBINE ROTOR REPAIR METHOD

(54) 発明の名称: タービン用ロータの補修方法



(57) Abstract: A turbine rotor repair method capable of forming a repair part by applying a deposit welding to a rotor material, the deposit welding being a thin deposit welding with a high deposition rate, wherein the repair part is formed by stacking beads by the thin deposit welding, and the thin deposit welding with the high deposition rate is performed by a submerged arc welding using a conductive flux.

(57) 要約: ロータ材に肉盛溶接を施し、補修部を形成する補修方法において、前記肉盛溶接は溶着速度の速い薄盛溶接であり、その薄盛溶接のビードを積層することにより前記補修部を形成する。さらに、前記溶着速度の速い薄盛溶接は、通電性を有するフラックスを用いたサブマージアーク溶接である。

WO 2004/050288 A1

- 1 -

## 明細書

## タービン用ロータの補修方法

技術分野

本発明は、タービン用ロータの翼溝の補修方法に関するものである。

背景技術

従来より、例えば蒸気タービン用ロータ外周に設けられている、動翼を取り付ける翼溝においては、長期間の使用により応力腐食割れを生じることがある。その補修方法の一つとして、割れが生じた翼溝を除去した後、肉盛溶接で翼溝を復元する方法がある。図10は、このような従来の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。同図において、1はロータ本体、2は補修部である。ここでは翼溝を除去したロータ本体1に肉盛溶接を重ねて行き、補修部2を形成している。その後、補修部2に溝加工を施すことにより、図示しない翼溝を復元する。

ところが、蒸気タービン用低合金鋼ロータ材にはバナジウムが添加されており、溶接後に実施する溶接後熱処理時に結晶粒が粗大化しやすく、そのような溶接熱影響部（同図にaで示す）において再熱割れを生じやすいものとなっている。このような材料の再熱割れの生じやすさとして、具体的には、以下に示す条件式による成分構成が一つの指標となっている。

$$\Delta G = 3.3 \text{ Mo} \% + \text{Cr} \% + 8.1 \text{ V} \% - 2$$

$$\Delta G \geq 0$$

ここで、Moはモリブデン、Crはクロム、Vはバナジウムである。また、クロムが2.5%程度以下の場合を想定している。上記条件式を満たす材料は、再熱割れの危険性がある。

ちなみに、現在主に使用されているロータ母材における $\Delta G$ の値は、以下のようになっている。

$$1 \text{ Cr Mo V 鋼} \quad : \Delta G \approx 9.6$$

- 2 -

2 C r M o V 鋼 :  $\Delta G \approx 5.8$

3. 5 N i C r M o V 鋼 :  $\Delta G \approx 2.1$

即ち、何れの材料も再熱割れの危険性がある。

このような再熱割れを防止するには、溶接熱影響部で結晶粒の粗大化が生じないように肉盛溶接する必要がある。そこで、T I G 溶接のように溶着速度の遅い溶接方法を採用し、いわゆる薄盛溶接を重ねるようにすれば、溶接熱サイクルを繰り返し受けるため、溶接熱影響部が細粒組織となり、再熱割れを防止することができる。

しかしながら、上述したような、T I G 溶接のように溶着速度の遅い溶接方法のみを採用したのでは、時間さらにはコストがかかるため、経済的に問題となる。一方、溶着速度の速い溶接方法としては、サブマージアーク溶接があるが、これは溶接入熱が大きいため、溶接部の溶け込み形状が深くなり、溶接熱サイクルが行き届かないこともあって、溶接熱影響部において結晶粒が粗大化しやすく、再熱割れが生じる危険がある。

#### 発明の開示

本発明は、このような問題点に鑑み、溶接熱影響部での再熱割れを防止し、しかも高能率の溶接が可能な、タービン用ロータの補修方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明では、ロータ材に肉盛溶接を施し、補修部を形成する補修方法において、前記肉盛溶接は溶着速度の速い薄盛溶接であり、その薄盛溶接のビードを積層することにより前記補修部を形成することを特徴とするタービン用ロータの補修方法を行う。

また、前記溶着速度の速い薄盛溶接は、通電性を有するフラックスを用いたアーク溶接であることを特徴とするタービン用ロータの補修方法を行う。

また、前記補修部は、初層より所定の高さまで比較的溶着速度の遅い肉盛溶接を施し、しかる後に、残部において比較的溶着速度の速い肉盛溶接を施したものであることを特徴とするタービン用ロータの補修方法を行う。

また、前記補修部に溝加工を施すことにより、ロータ翼溝を復元することを特徴とするタービン用ロータの補修方法を行う。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。

図 3 は、本発明の第 3 の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。

図 4 は、本発明の第 4 の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。

図 5 は、ロータの一例の外周部における、補修前の翼溝付近の様子を模式的に示す縦断面図である。

図 6 は、ロータの他例の外周部における、補修前の翼溝付近をロータ軸方向より見た様子を模式的に示す図である。

図 7 は、ロータ補修時の溶接ビードの積層状態を模式的に示す縦断面図である。

図 8 は、肉盛溶接中のロータ本体を外側から見た状態を模式的に示す図である。

図 9 は、ロータ補修時の溶接位置を模式的に示す横断面図である。

図 10 は、従来の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の実施形態を図を参照して説明する。以下の図面においては同様の役割を持つ部分には同一の符号を付している。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。上述したような溶接熱影響部を完全に細粒化するには、溶け込みの浅い溶接ビードで肉盛溶接することが重要である。そして、溶着速度の速い溶接を行うために、本実施形態ではサブマージアーク溶接を採用する。

サブマージアーク溶接で溶け込みの浅い溶接を行うのは通常は困難であるが、通電性を有するフラックスを使用することで溶接時のアークが広がり、幅広で溶け込みの浅い溶接が可能となる。通電性を有するフラックスとしては、例えば(株)神戸製鋼所製フラックスPFH-203が適している。

また、溶接条件も重要であり、以下の溶接条件を採用することで、溶接熱影響部の組織を完全に細粒化することが可能になる。

溶接電流 : 400 ± 20 A

溶接電圧 : 32 ± 3 V

溶接速度 : 310 ± 20 mm/min

溶接ワイヤ径 : φ 4 mm

上記溶接条件での溶着速度は180 g/min程度であり、これはTIG溶接等と比較して通常の20倍程度の速さとなっており、溶接能率はロータの肉盛溶接に対して十分である。この条件で、上述したようなロータ材料に対して肉盛溶接と溶接後熱処理を行っても、再熱割れは生じない。つまり、図1にAで示した溶接熱影響部は、後続の溶接熱サイクルで全域細粒化される。即ち、結晶粒の粗大化は生じない。

図2は、本発明の第2の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。本実施形態では、上記第1の実施形態で示した溶接方法による肉盛溶接を、初層から所定の高さまで行い、しかる後に、より溶着速度の速い溶接方法にて肉盛溶接を残部において行う。これにより、溶接熱影響部Aを細粒化した上で更に速い溶接を行うことができる。

具体的には、第1の実施形態の肉盛溶接（溶接ワイヤ径φ4mmのサブマージアーク溶接）を、初層から10mm以上の高さまで行い、その後、残部において溶接ワイヤ径φ5mmを用いたサブマージアーク溶接による肉盛溶接を行う。この10mm以上の高さとは、溶接ワイヤ径φ5mmのサブマージアーク溶接による熱影響範囲が溶接熱影響部Aに及ばない高さである。溶接ワイヤ径以外の溶接条件は同じである。ちなみに、溶接ワイヤ径φ5mmの場合の溶着速度は230 g/min程度となっている。

図3は、本発明の第3の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的

に示す縦断面図である。本実施形態では、溶接入熱の小さいいわゆるT I G溶接による肉盛溶接を、初層から所定の高さまで行い、しかる後に、上記第1の実施形態で示した溶接方法による肉盛溶接を残部において行う。これにより、溶接熱影響部Aを完全に細粒化した上で更に速い溶接を行うことができる。

具体的には、T I G溶接による肉盛溶接を初層から7 mm以上の高さまで行い、その後、残部において第1の実施形態の溶接方法による肉盛溶接を行う。この7 mm以上の高さとは、第1の実施形態のサブマージアーク溶接による熱影響範囲が溶接熱影響部Aに及ばない高さである。ちなみに、T I G溶接の溶着速度は10 g/min程度となっている。

図4は、本発明の第4の実施形態の補修方法によるロータの補修状態を模式的に示す縦断面図である。本実施形態では、T I G溶接による肉盛溶接を初層から所定の高さまで行い、しかる後に、溶接ワイヤに加熱電流を流しつつ溶接するいわゆるホットT I G溶接による肉盛溶接を残部において行う。これにより、溶接熱影響部Aを完全に細粒化した上で更に速い溶接を行うことができる。

具体的には、T I G溶接による肉盛溶接を初層から5 mm以上の高さまで行い、その後、残部においてホットT I G溶接による肉盛溶接を行う。この5 mm以上の高さとは、ホットT I G溶接による熱影響範囲が溶接熱影響部Aに及ばない高さである。ちなみに、T I G溶接の溶着速度は10 g/min程度、ホットT I G溶接の溶着速度は40 g/min程度となっている。なお、ここでのT I G溶接条件例とホットT I G溶接条件例を以下に示しておく。

〔T I G溶接条件例〕

溶接電流       : 280 A  
溶接電圧       : 12 V  
溶接速度       : 100 mm/min  
溶接ワイヤ径:  $\phi 1.6$  mm  
ワイヤ送給量: 10 g/min

〔ホットT I G溶接条件例〕

溶接電流       : 280 A  
溶接電圧       : 12 V

- 6 -

溶接速度 : 100 mm/min

溶接ワイヤ径 :  $\phi 1.6$  mm

ワイヤ加熱電流 : 150 A

ワイヤ送給量 : 40 g/min

ところで、本発明が適用されるタービン用ロータの翼溝の補修方法について、その全般的な手順を以下に改めて示しておく。図5は、ロータの一例の外周部における、補修前の翼溝付近の様子を模式的に示す縦断面図である。同図は、ロータ軸に垂直な方向に翼溝が切つてあるタイプを示している。同図に示すように、ロータ本体101の外周部に設けられている翼溝103の例えば角部に、欠陥bが生じていたとする。このような場合、まず補修範囲Bで示すロータ本体101外周部全体を除去する。

一方、図6は、ロータの他例の外周部における、補修前の翼溝付近をロータ軸方向より見た様子を模式的に示す図である。同図は、ロータ軸方向に翼溝が切つてあるタイプを示している。同図に示すように、ロータ本体101の外周部に設けられている翼溝103の例えば谷部に、欠陥cが生じていたとする。このような場合も、まず補修範囲Cで示すロータ本体101外周部全体を除去する。

図7は、ロータ補修時の溶接ビードの積層状態を模式的に示す縦断面図である。ここでは上記図5或いは図6で示した補修範囲であるロータ本体外周部全体を除去した後、図7に示すように、例えば水冷したリング状の銅壁104にて、ロータ本体101外周部近傍を前後より挟み込む。そして、ロータ本体101を回転させつつ、銅壁104間で肉盛溶接を行う。このとき、ロータ本体101を一回転させる毎に、溶接ビードを所定の溶接ピッチPでシフトさせながら番号順に積層させて行き、最終的に補修部102を形成する。同図は積層数39の場合を示している。

図8は、肉盛溶接中のロータ本体を外側から見た状態を模式的に示す図であり、溶接ビードのシフト要領を示している。肉盛溶接は同図に示すように、銅壁104間で、ロータ本体101を回転させつつ、溶接ビードを矢印で示した溶接方向で走らせ、一回転毎に所定の溶接ピッチPでシフトさせながら番号順に積層させて行われる。各周同士は所定のオーバーラップ範囲Qを有している。

- 7 -

図 9 は、ロータ補修時の溶接位置を模式的に示す横断面図である。同図に示すように、溶接位置としては、矢印 T で示す位置、即ち矢印 R で示すロータ本体 101 の回転方向に対して、所定の離芯量 S で溶接ビードがロータ外周上で上り勝手となる位置（同図では中央より左側）となるように設定している。これにより、溶接ビードが薄く広がる肉盛溶接を行うことができる。逆に、溶接ビードがロータ外周上で下り勝手となる位置（同図では中央より右側）を溶接位置とすると、溶接ビードが狭くて厚く盛り上がる肉盛溶接となってしまう。

上記の説明により、本発明については様々な修飾や変形をすることが可能であることは明らかである。よって、本発明は、具体的な記述にとらわれることなく、付記した請求の範囲内で実施されるものと解されたい。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、溶接熱影響部での再熱割れを防止し、しかも高能率の溶接が可能な、タービン用ロータの補修方法を提供することができる。



## 請求の範囲

1. ロータ材に肉盛溶接を施し、補修部を形成するタービン用ロータの補修方法において、前記肉盛溶接は溶着速度の速い薄盛溶接であり、該薄盛溶接のビードを積層することにより前記補修部を形成することを特徴とするタービン用ロータの補修方法。

2. 請求の範囲 1 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記溶着速度の速い薄盛溶接は、通電性を有するフラックスを用いたアーク溶接である。

3. 請求の範囲 1 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記補修部は、初層より所定の高さまで比較的溶着速度の遅い肉盛溶接を施し、しかる後に、残部において比較的溶着速度の速い肉盛溶接を施したものである。

4. 請求の範囲 2 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記補修部は、初層より所定の高さまで比較的溶着速度の遅い肉盛溶接を施し、しかる後に、残部において比較的溶着速度の速い肉盛溶接を施したものである。

5. 請求の範囲 1 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記補修部に溝加工を施すことにより、ロータ翼溝を復元する。

6. 請求の範囲 2 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記補修部に溝加工を施すことにより、ロータ翼溝を復元する。

7. 請求の範囲 3 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記補修部に溝加工を施すことにより、ロータ翼溝を復元する。

8. 請求の範囲 4 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

- 9 -

前記補修部に溝加工を施すことにより、ロータ翼溝を復元する。

9. 請求の範囲 1 に記載のタービン用ロータの補修方法であって、

前記溶着速度の速い薄盛溶接は、T I G 溶接よりも溶着速度の速い溶接方法を用いて行うものである。

1/5

図 1

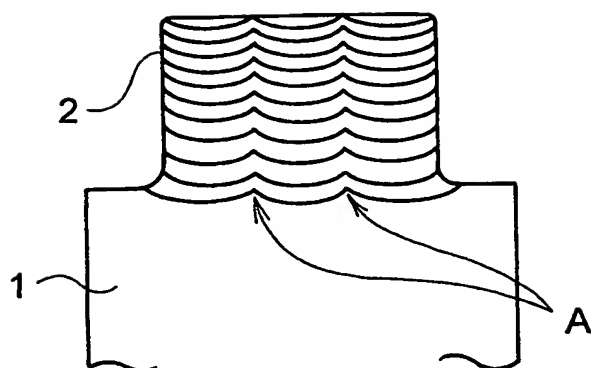


図 2

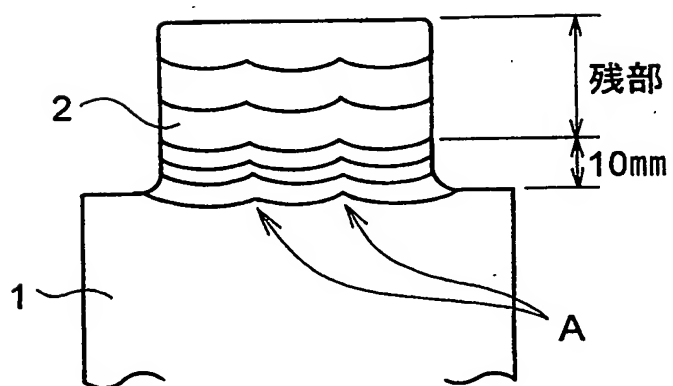


図 3

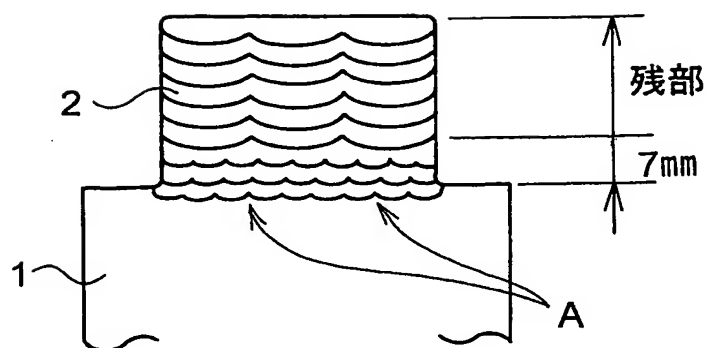


図 4

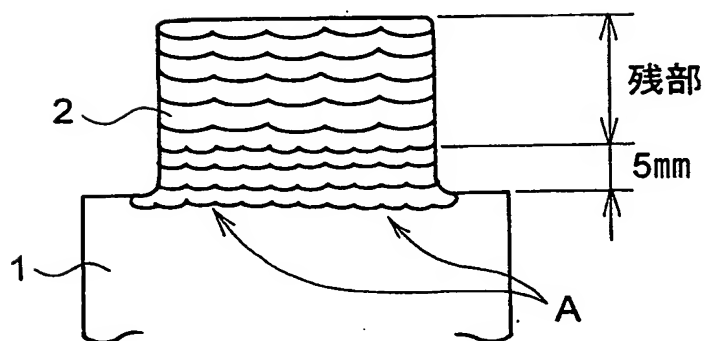


図 5

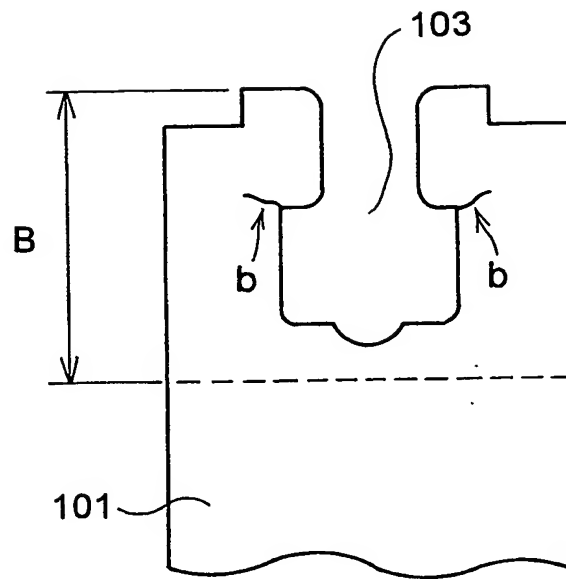


図 6

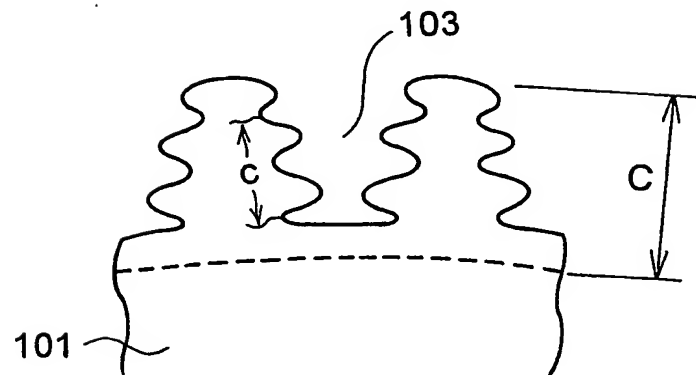


図 7

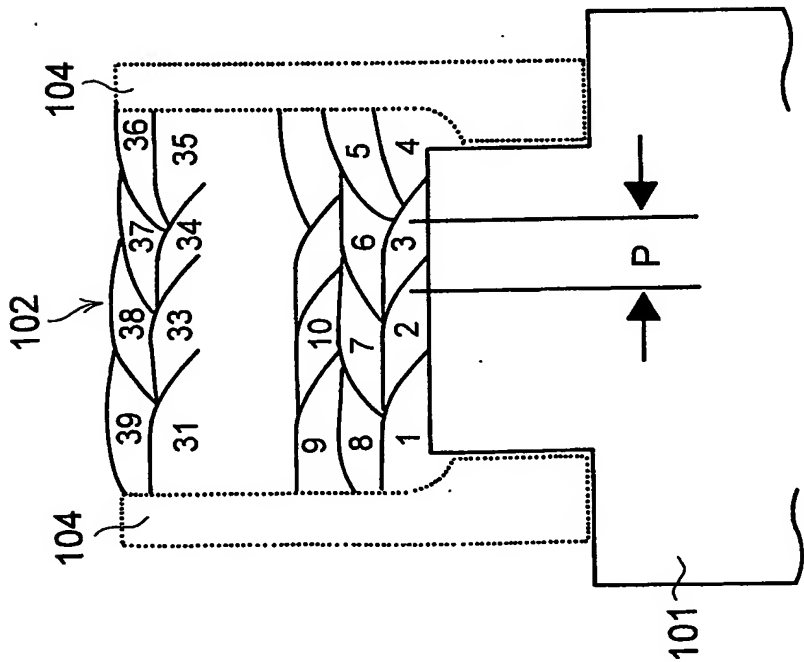


図 8

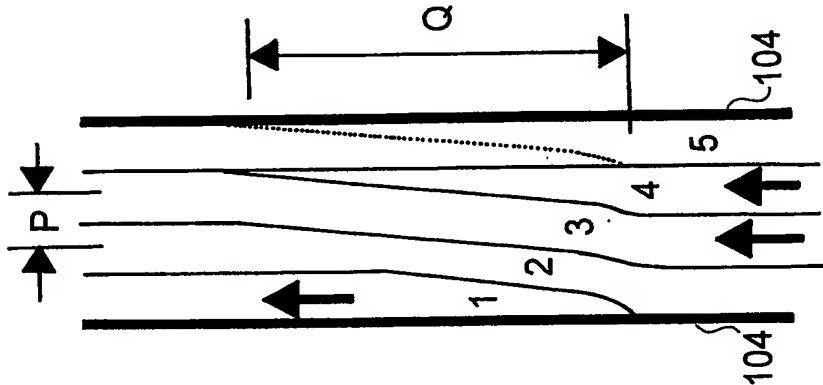


図 9

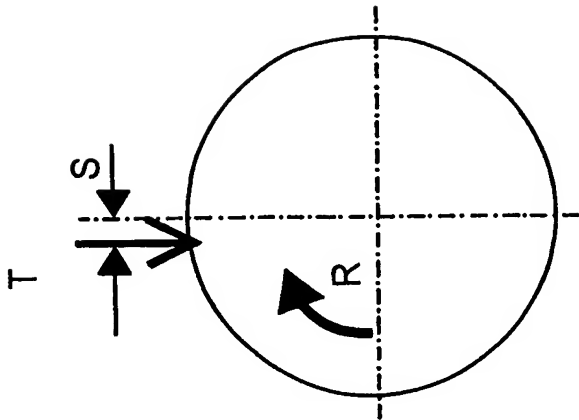
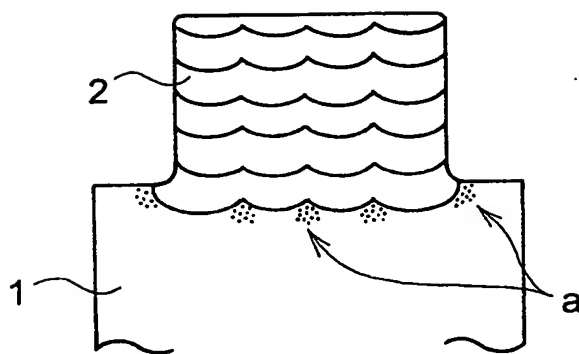


図 10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15045

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B23K9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> B23K9/04, F01D5/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-211288 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 29 July, 2003 (29.07.03), Par. No. [0007]; Fig. 1 (Family: none)	1, 5, 9 2, 6
X Y	WO 00/10765 A1 (SEIMENS WESTINGHOUSE POWER CORP.), 02 March, 2000 (02.03.00), Full text & JP 2002-523240 A	1, 5, 9 2, 6
X Y	EP 332875 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP.), 20 September, 1989 (20.09.89), Full text & JP 1-273692 A	1, 5, 9 2, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 February, 2004 (17.02.04)

Date of mailing of the international search report  
02 March, 2004 (02.03.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15045

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 56-114578 A (Kobe Steel, Ltd.), 09 September, 1981 (09.09.81), Full text (Family: none)	2, 6
A	US 5762727 A (GENERAL ELECTRIC CO.). 09 June, 1998 (09.06.98), Full text & JP 11-19790 A	1-9
A	JP 2002-59263 A (Nippon Steel Corp.), 26 February, 2002 (26.02.02), Full text (Family: none)	1-9

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> B23K 9/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> B23K 9/04, F01D 5/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2003-211288 A (三菱重工業株式会社) 2003.07.29, 段落【0007】, 図1 (ファミリーなし)	1, 5, 9 2, 6
X Y	WO 00/10765 A1 (SEIMENS WESTINGHOUSE POWER CORP.) 2000.03.02, 全文 & JP 2002-523240 A	1, 5, 9 2, 6
X Y	EP 332875 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP.) 1989.09.20, 全文 & JP 1-273692 A	1, 5, 9 2, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.02.04

国際調査報告の発送日

02.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福島 和幸

3 P

9346

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 56-114578 A (株式会社神戸製鋼所) 1981. 09. 09, 全文 (ファミリーなし)	2, 6
A	US 5762727 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 1998. 06. 09, 全文 & JP 11-19790 A	1-9
A	JP 2002-59263 A (新日本製鐵株式会社) 2002. 02. 26, 全文 (ファミリーなし)	1-9